Моделирование вентиляции цеха завода пластмасс

Цель моделирования: получение полной картины движения воздуха в цехе реакторов завода пластмасс, распределения температуры и концентрации вредных примесей при работе приточно-вытяжной системы вентиляции.

Характеристики объекта: производственное помещение размерами в плане 60м×37м и высотой 11м, в котором установлены цилиндрические корпуса реакторов, являющихся источниками тепла и вредных примесей.

Помещение снабжено системой воздуховодов для принудительной подачи и отвода воздуха.

Пример расчета: Рассмотрен случай, утечки через двери и ворота, ведущие в соседние цеха и наружу здания, отсутствуют.

Через систему принудительной закачки подается номинальный расход воздуха, указанный заказчиком, при этом небольшая часть расхода отводится по коллектору в соседний цех.

Коллектор имеет прямоугольные отверстия, равномерно распределенные по всей длине. Система откачки воздуха имеет разветвленную структуру (рисунок 1), забор воздуха производится на высоте 1м от пола.

Давление внутри помещения равно наружному давлению.

Задано общее выделение тепла и вредных примесей.

Температура стен, пола и потолка - фиксирована.

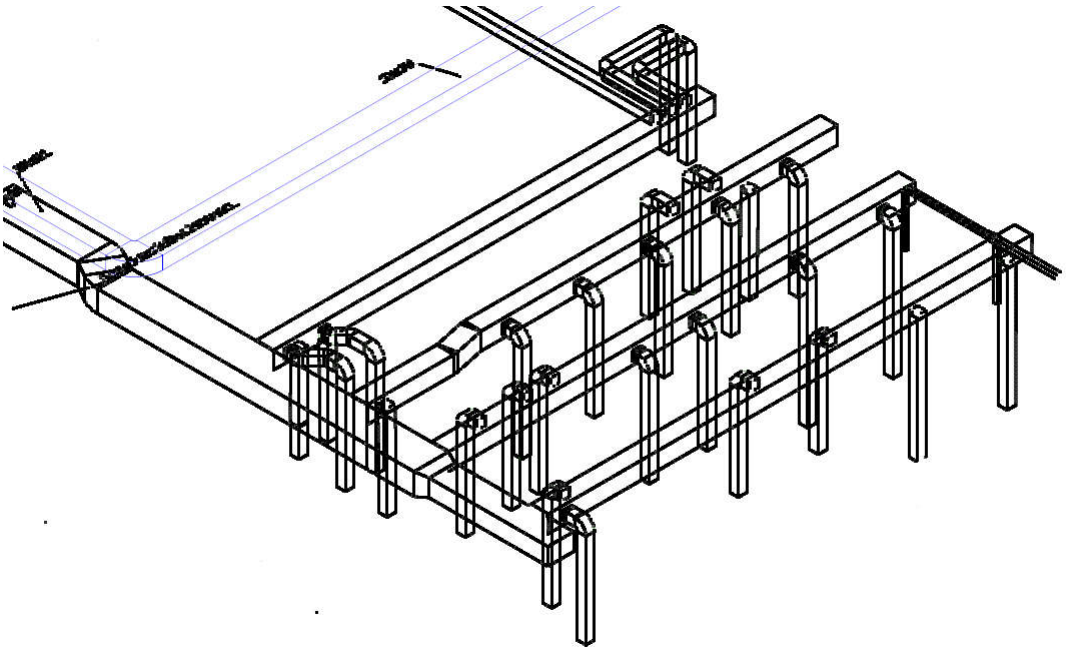

Рис.1 Геометрия вентиляционных каналов (исходные данные).

Методика: Геометрия объекта была предоставлена заказчиком в формате AutoCAD (*.dwg). Прямой импорт геометрии оказался невозможен из-за перенасыщенности модели, а так же из-за упрощенного представления необходимых для расчета объектов.

На основе предоставленных данных, была воссоздана трехмерная геометрия цеха (рисунок 2) с вентиляционными каналами и основными объектами, влияющими на распределение воздушных потоков внутри помещения.

Расчетная сетка создана из тетраэдрических элементов размером от 3см до 25см (рисунок 3), для корректного определения напряжений и тепловых потоков на все поверхности нанесено несколько тонких призматических слоев.

Неструктурированная сетка состоит из более 30млн. элементов и охватывает весь объем помещения, включая внутреннее пространство воздуховодов.

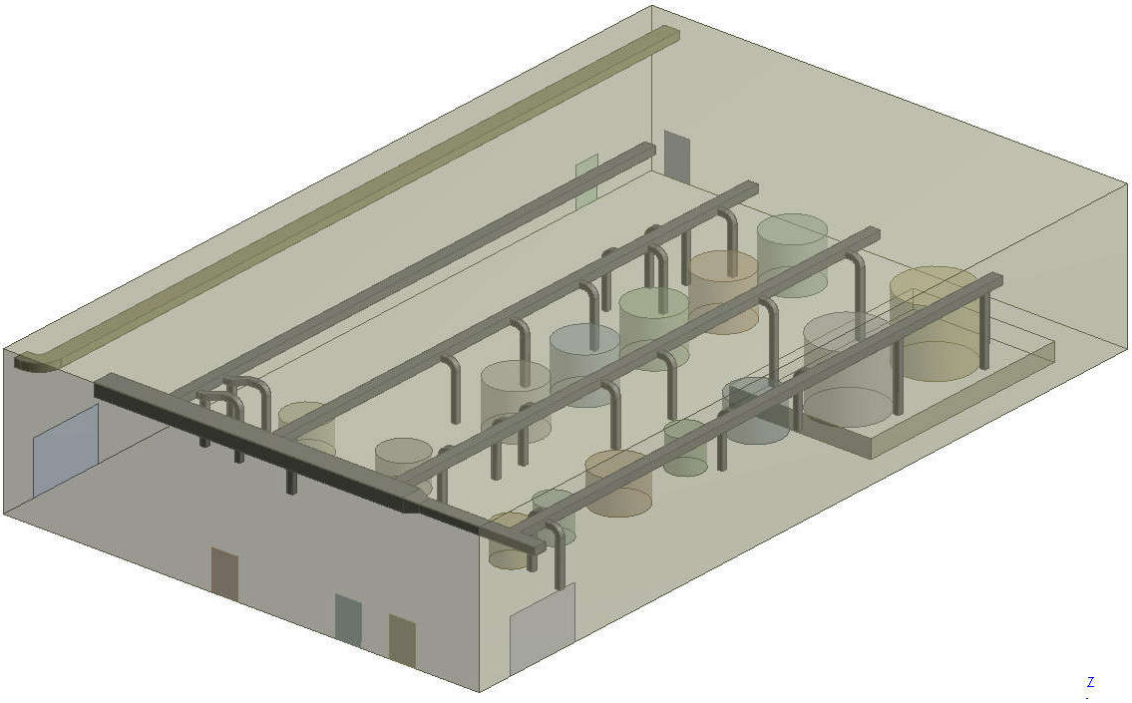

Рис.2. Геометрическая модель .

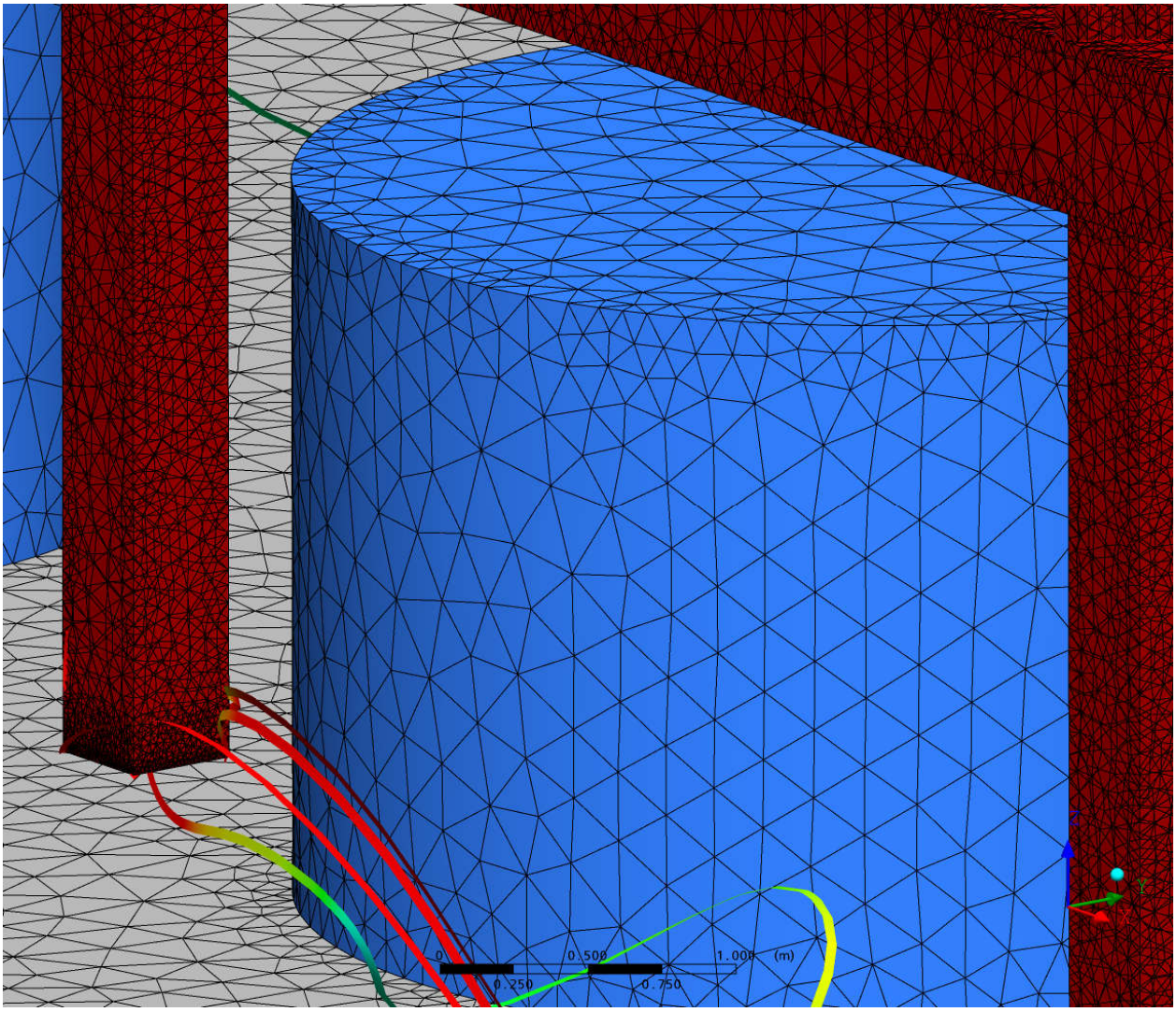

Рисунок 3. Фрагмент поверхностной сетки.

Поставлена задача о движении воздуха в указанном пространстве под действием приточно-вытяжной системы, а также в результате свободной конвекции из-за перепадов температуры и состава воздуха.

Стенки воздуховодов считаются нетеплопроводными.

Вентиляционные решетки на воздуховодах, из-за отсутствия соответствующей информации, убраны.

По той же причине суммарные источники тепла и вредных примесей условно распределены по поверхности реакторов.

Решаются полные стационарные уравнения газовой динамики (Навье-Стокса) с рейнольдсовым усреднением турбулентных пульсаций (RANS), совместно с уравнениями переноса тепла и примеси.

Использована κ-ε модель турбулентности.

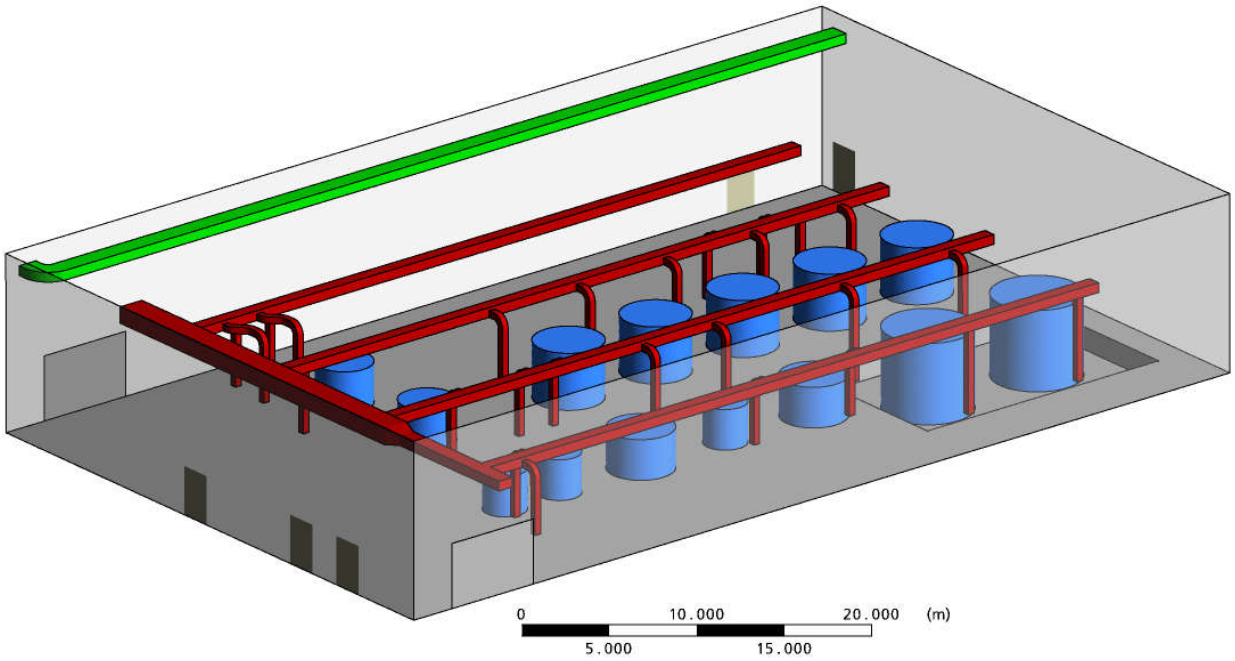

Рисунок 4. Модель

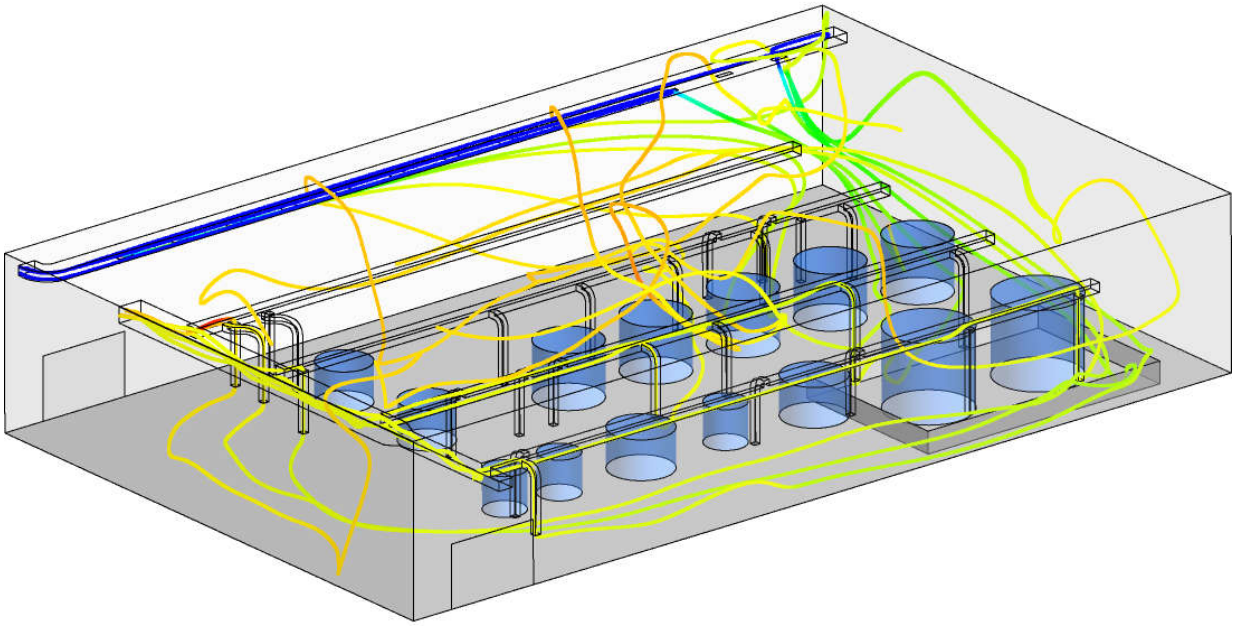

Рисунок 5. Линии тока.

Результаты расчета: Представление о сложности структуры возникающего течения дают линии тока воздуха, берущие начало на входном отверстии приточного коллектора и уходящие через вытяжной коллектор (рисунок 5).

Цветом указана концентрация вредной примеси в долях предельно допустимой концентрации. На рисунках 6-8 представлено вертикальное сечение помещения с распределениями скорости движения воздуха, температуры и концентрации вредной примеси.

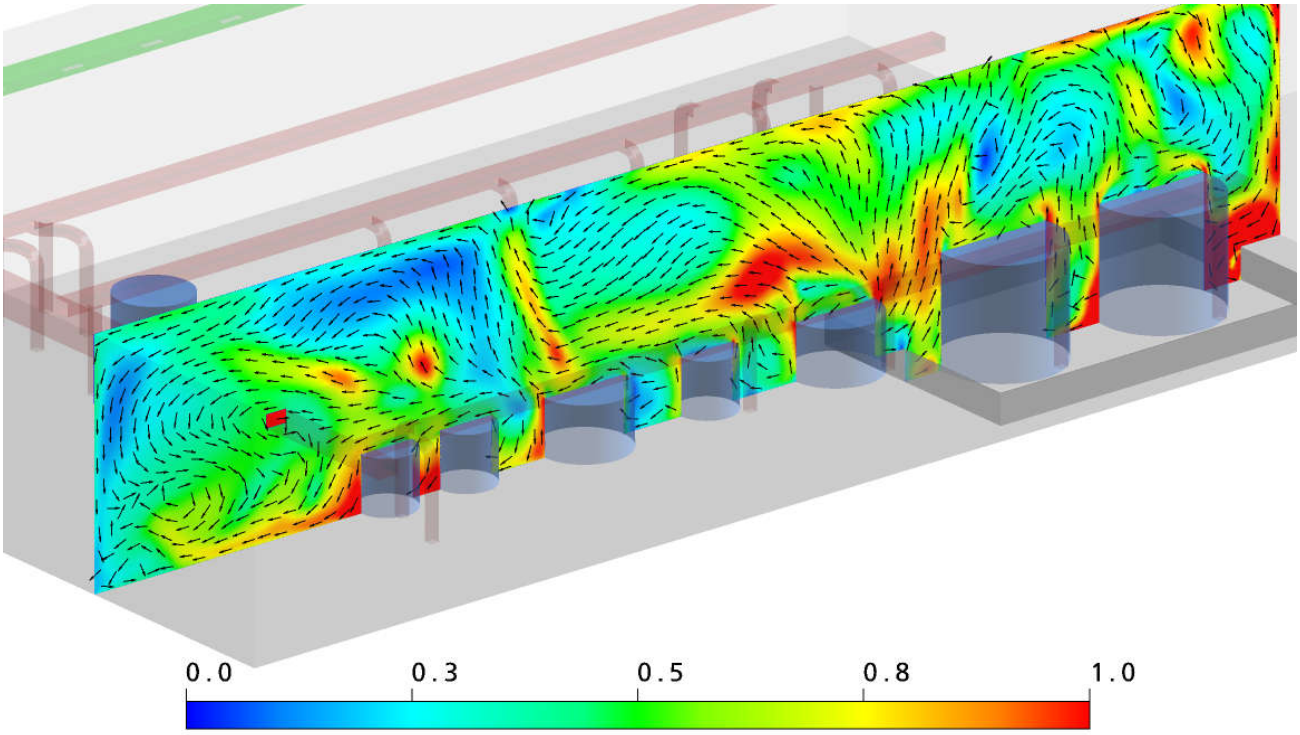

Рисунок 6. Скорость (м/с) и направление перемещения воздуха в вертикальном сечении

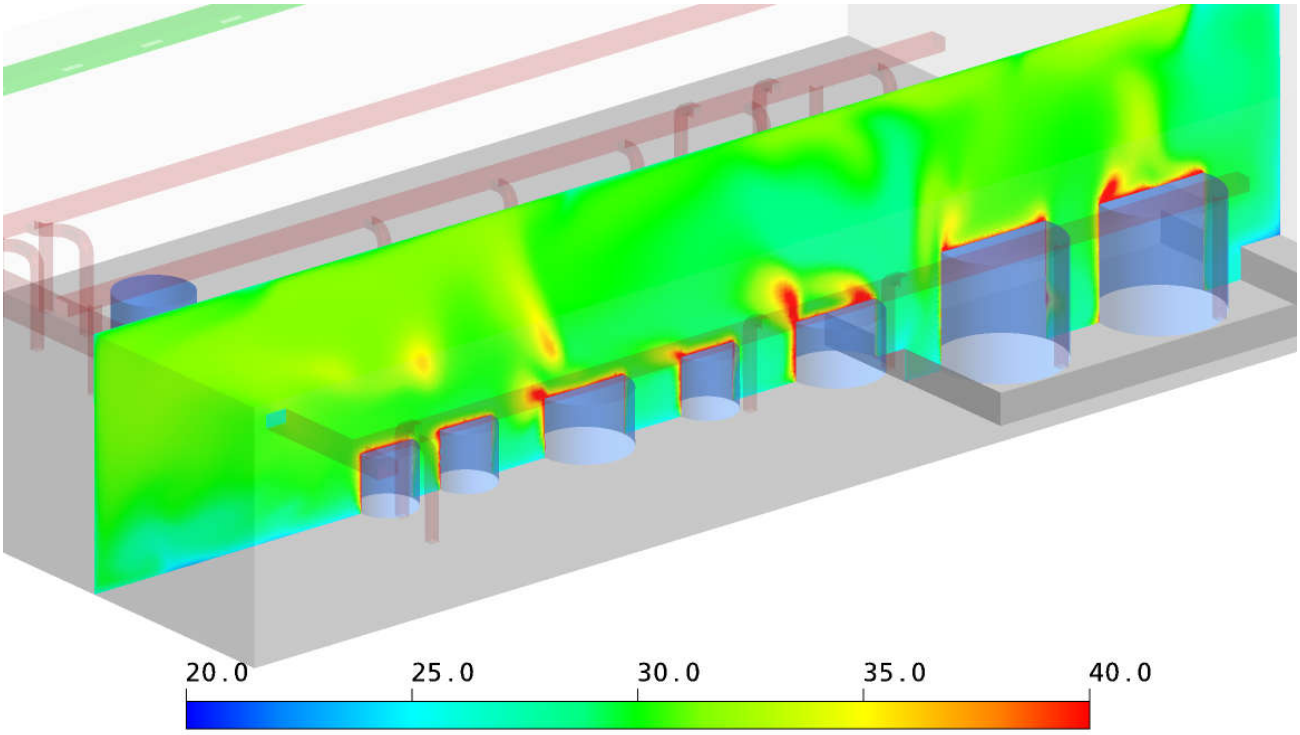

Рисунок 7. Температура воздуха, °C

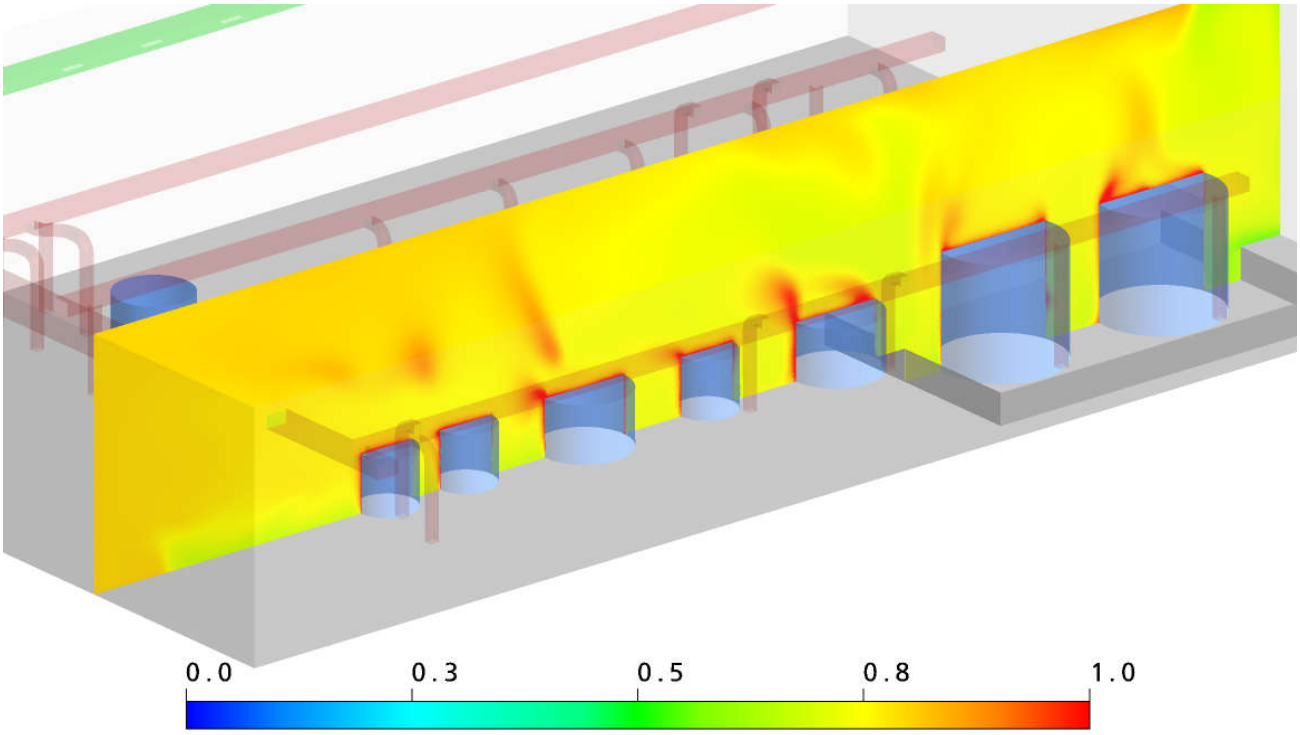

Рисунок 8. Концентрация вредной примеси в долях ПДК.

Данный пример наглядно показывает, что при даже соблюдении требуемой суммарной производительности системы вентилирования и разумном размещении приточных и вытяжных решеток, в пространстве производственного помещения могут возникать зоны с повышенной концентрацией вредных веществ.

Предсказание положения таких зон и возникающих в них условий с помощью представленной здесь модели позволяет еще на стадии проектирования внести в систему приточно-вытяжной вентиляции необходимые коррективы и повысить ее эффективность.